

Гапоненко Н.В.

РАЗВИТИЕ НАНОНАУКИ: ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫЕ ИНИЦИАТИВЫ

Важнейшей технологической областью, которая существенно изменит практически все сектора экономики и сферы деятельности, позволит существенно улучшить качество жизни, а также качество окружающей среды, являются нанотехнологии. Нанотехнологии вместе с информационными технологиями и биотехнологиями формируют технологическую базу общества знаний. Кроме того, нанотехнологии рассматриваются как важная технологическая основа для обеспечения национальной оборонной безопасности. И, наконец, ожидается, что рынок нанопродукции и наноуслуг в ближайшие 10-15 лет будет самым динамичным. Именно поэтому к нанотехнологиям в настоящее время приковано внимание правительств не только технологически развитых, но и развивающихся стран.

В последние годы борьба за лидерство в нанонауке усиливается, что, естественно, выражается в постоянном росте финансирования данной сферы. Бюджетные ассигнования в нанонауку в мировом масштабе в 2000 г. оценивались на уровне 1 млрд долл. США, в 2003 г. – в 3,1 млрд долларов США, а в 2006 г. ожидается, что они составят 20 млрд долл. США [1], т. е. увеличатся в 20 раз по сравнению с 2000 г.

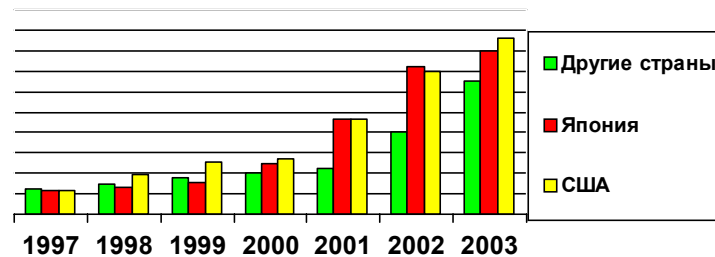


Рис. 1. Рост бюджетных ассигнований на нанонауку в мире (США-Япония-другие страны), млн долл. США

Источник: Национальный научный фонд США

Учитывая важность нанотехнологий для обеспечения экономической, экологической, оборонной безопасности и улучшения качества жизни в 21 веке, правительственные структуры увеличивали бюджетные ассигнования на нанонауку. Это глобальная тенденция, которая сформировалась во второй половине 1990-х г. На рис. 1 показано, что бюджетные ассигнования на нанонауку

в мировом масштабе увеличились в 7,4 раза всего за семь лет. Причем страны-лидеры (Япония и США) увеличили бюджетные инвестиции в нанонауку в 7,1 раза, страны ЕС – в 5,1 раза, а так называемые «другие страны» – в 11,4 раза. Мировыми лидерами по бюджетным ассигнованиям на развитие нанонауки являются США и Япония (см. рис. 2): в 2002–2003 гг. на эти две страны приходилось 55% от мирового объема бюджетных инвестиций в нанонауку [2, с.7]. Бюджетные ассигнования стран – членов ЕС на нанонауку в 2002 г. оценивались на уровне 400 млн долл. США, то есть 17% от мирового уровня или 2/3 от уровня США, а в 2003 г. они уже составили 650 млн долл. США, т.е. увеличились в 1,3 раза, достигнув примерно 21% от их мирового объема.

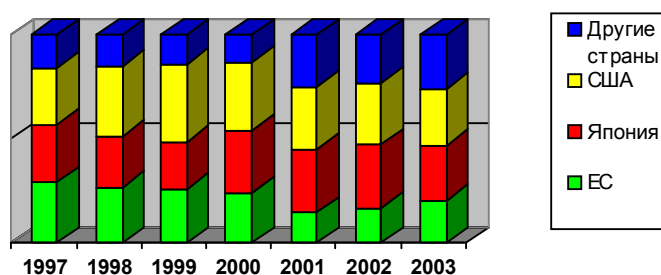


Рис. 2. Бюджетные ассигнования на нанонауку
(млн долл. США)

Источник: Национальный научный фонд США

Вплоть до 2003 г. Япония лидировала по объему бюджетных ассигнований на нанонауку, но в 2003 году лидирующие позиции заняли США, обогнав Японию на 364 млн долл. США. Прежде всего, правительство США увеличило инвестиции в нанонауку. Кроме того, средства на проведение ИиР в области нанотехнологий в США выделялись не только федеральным правительством, но и отдельными штатами. Поэтому общие расходы на нанонауку бюджетов всех уровней в США составили в 2003 г. 1 164 млн долл. США.

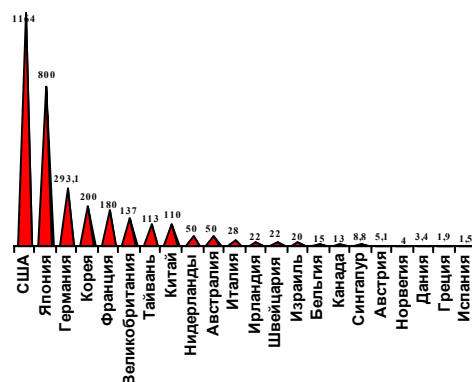


Рис. 3. Бюджетные ассигнования стран мира на нанонауку в 2003 г.
(млн долл. США)

В Китае ежегодно на развитие нанонауки выделялось 50 млн долл. США из средств федерального бюджета и около 50-60 млн долл. США из средств муниципалитетов и фондов.

На рис. 3 приведены бюджетные ассигнования на нанонауку в различных странах мира в 2003 г. [3]. Среди стран – членов ЕС лидирующие позиции по этому показателю занимают Германия (на нее приходится более 45% от общего объема бюджетных ассигнований на нанонауку в этой группе стран), Франция и Великобритания (вторая и третья позиции соответственно).

По уровню государственных расходов на нанотехнологии в расчете на душу населения лидирует Япония, а США находятся на третьем месте (табл. 1).

США занимают лидирующие позиции в области синтеза наноструктур, изучения химических и биологических аспектов развития нанотехнологий. Япония добилась наибольших успехов в конструировании устройств и составных структур в нанодиапазоне, а страны Западной Европы – в разработке нового инструментария и покрытий.

За последние пять лет правительственные структур даже развивающихся стран увеличивают государственные расходы на нанонауку. В Латинской Америке активизируют свои позиции в этой области Бразилия, Аргентина и Мексика. В Африке и на Ближнем Востоке ЮАР и Израиль наращивают инвестиции в нанонауку. На Азиатском континенте вслед за Японией мощную поддержку из бюджетных средств имеет нанонаука Китая, Кореи и Тайваня.

Таблица 1

Государственные расходы на нанотехнологии в расчете на душу населения, по странам (данные за 2003 г.)

Страна	Финансирование, \$
Япония	6.2
Ирландия	5.6
США	3.6
Швейцария	3.4
Израиль	3.1
Нидерланды	3.1
Франция	3.0
Германия	3.0
Финляндия	2.7
Великобритания	2.2

Источник: Towards a European Strategy for Nanotechnology. Commission of the European Communities. Brussels, 12.5.2004, COM(2004) 338 final, p.25.

На рис. 4 показана доля бюджетных ассигнований на науку в общих бюджетных расходах на науку по 14 странам мира [3]. Этот показатель характеризует приоритетность нанонауки среди других областей науки и технологий, лидерами по этому показателю являются Ирландия, Тайвань, Япония и Корея.

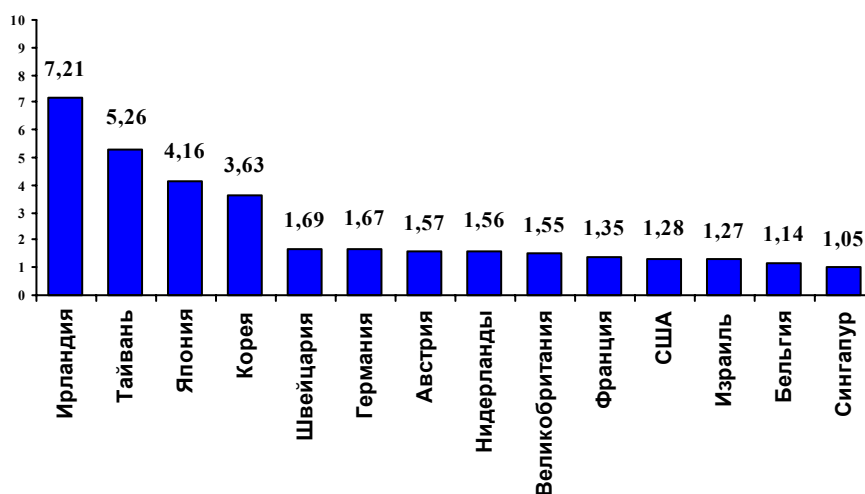


Рис. 4. Доля бюджетных ассигнований на нанонауку в общих расходах бюджета на ИиР в (%)

Согласно данным, полученным Европейской комиссией в рамках проекта «Дорожная карта нанотехнологий», финансируемого в 6-ой Рамочной программе ЕС, большая часть ИиР, проводимых в различных странах мира, аккумулируются в трех областях: наноматериалы, нанoeлектроника, нанотехнологии в медицине и фармацевтике.

Расходы частного сектора на нанонауку оценить сложно, поскольку инвестируют не только крупные, но и небольшие компании, т. е. малый сектор экономики, а также венчурные капиталисты. По некоторым оценкам, расходы частного сектора на нанонауку в 2003 г. составили около 2 млрд долл. США, то есть около 60-65% от уровня бюджетных ассигнований на нанонауку [3]. Ряд крупных транснациональных компаний, таких как Mitsubishi (Япония), BASF (Германия), Motorola (США) увеличивают инвестиции в этой области. В части инвестиций частного сектора можно выделить три уже сформировавшиеся глобальные тенденции:

- увеличение расходов на ИиР со стороны крупных транснациональных компаний;
- увеличение расходов на ИиР со стороны малых и средних предприятий;
- увеличение расходов частного сектора на фундаментальные исследования в области нанонауки. В США расходы частного сектора на фундаментальные исследования в области нанотехнологий составляют около 14% от их инвестиций в нанонауку.

Еще одной глобальной тенденцией является быстрый *рост патентов в области нанотехнологий*. За период 1996-2003 гг. количество патентных заявок в области нанотехнологий, поданных в Патентное агентство США увеличилось с 3000 в 1996 г. до 8700 в 2003 г., т. е. выросло почти в три раза [4]. По показателям патентования первую позицию занимают США. На рис. 5 показана пятерка стран-лидеров по количеству патентных заявок в области нанотехнологий.

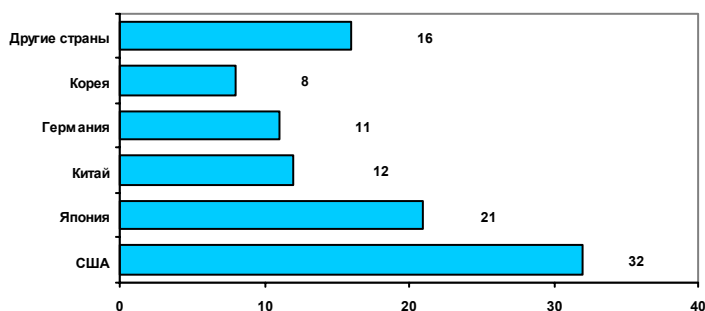


Рис. 5. Страны-лидеры по количеству патентных заявок в области нанотехнологий.

Хотелось бы отметить, что Китай по количеству патентных заявок обходит Германию и Корею, несмотря на то, что бюджетные ассигнования на нанонауку в Китае почти в 3 раза меньше, чем в Германии, и почти в 2 раза меньше, чем в Корее.

По количеству публикаций, связанных с nanoисследованиями, Европа лидирует: на нее приходится 34% от общего числа публикаций, тогда как на США и Канаду – 28%.

Растет интерес *венчурного капитала к нанотехнологиям*. В США инвестиции венчурных капиталистов в нанотехнологии в 1999 г. составили 100 млн долл. США, в 2003 г. – 880,2 млн долларов США, а в 2004 г. – 1,2 млрд долл. США, т. е. выросли за пять лет в 12 раз. В течение четырех лет, 2000-2003 гг., венчурные инвестиции в нанотехнологии в США были больше бюджетных ассигнований на нанонауку [3] (см. рис. 6).

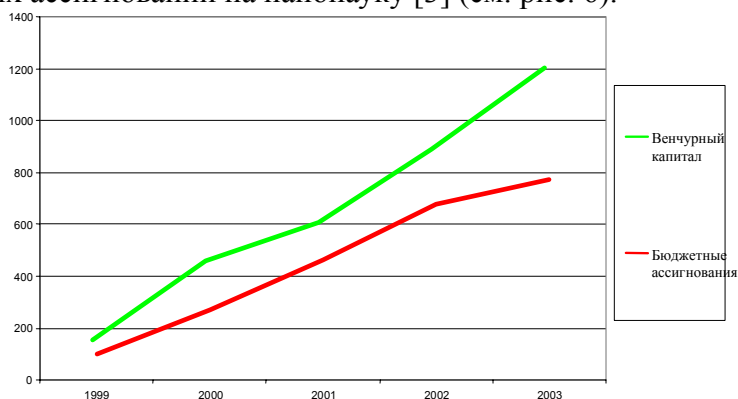


Рис. 6. США: бюджетные ассигнования на нанонауку и инвестиции венчурных капиталистов в нанотехнологии (млн долл. США)

По данным NanoBusiness Alliance, в 2002 г. наибольший интерес венчурный капитал США проявил к нанобиотехнологиям: туда было направлено около 22% всего объема венчурных инвестиций (см. рис. 7). Оборудование и наномедицина были соответственно на втором и третьем месте, а нанoeлектроника – на пятой позиции.

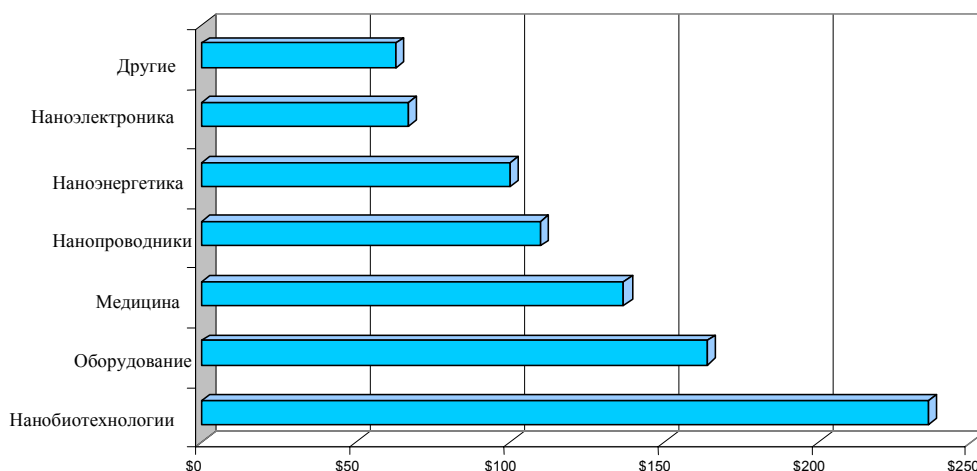


Рис. 7. Инвестиции венчурных капиталистов в нанотехнологии в США в 2002 году (млн долл. США)

США является наиболее продвинутой страной в части венчурных инвестиций в нанотехнологии, однако растущий интерес венчурных капиталистов к нанотехнологиям – это глобальная тенденция. По данным NanoBusiness Alliance, многие транснациональные компании создали корпоративные венчурные фонды для инвестирования в нанотехнологии, среди них IDM, Motorola, Hewlett Packard, Lucent, Hitachi, Mitsubishi, NEC, Corning, Dow Chemical.

Правительственные структуры 35 стран мира, оценивая роль, которую будут играть нанотехнологии в 21 веке, разработали национальные программы в области нанотехнологий. Пионерами в этой области являются США. Эта акция правительства США подтолкнула разработку национальных программ в различных странах мира.

Национальная инициатива в области нанотехнологий США (National Nanotechnology Initiative – далее по тексту NNI) была объявлена в январе 2000 г. Она является основой национальной стратегии для расширения исследований в этой области. Главными целями данной инициативы являются: проведение исследований и разработок на мировом уровне; ускорение трансфера технологий; развитие системы образования и подготовка квалифицированных кадров; поддержка исследовательской инфраструктуры. Одиннадцать федеральных министерств и агентств финансируют НИОКР в рамках NNI, а всего в ней принимает участие двадцать два государственных ведомства. Все проекты в рамках NNI финансируются через те федеральные министерства и агентства, которые участвуют в ее реализации, то есть программа является межведомственной. Около 22% расходов в рамках NNI в настоящее время – это поддержка фундаментальных исследований, однако немалое внимание уделяется и партнерству между академическим сектором и частными компаниями с тем, чтобы стимулировать софинансирование НИОКР корпоративным сектором экономики. Кроме того, поощрение партнерств важно для обеспечения трансфера технологий и коммерциализации НИОКР в области нанотехнологий. Самые большие объемы финанси-

рования на развитие нанотехнологий выделяются тремя ведомствами: Национальным научным фондом США, Министерством обороны и Министерством энергетики (см. таблицу 2). Национальный научный фонд финансирует на конкурсной основе проекты фундаментальных исследований, а также инвестирует в развитие научной инфраструктуры. Важную роль в поддержке инфраструктуры играет также Министерство энергетики. Следует отметить, что развитию инфраструктуры придается особое значение, поскольку стоимость научного оборудования для проведения ИиР в области нанотехнологий превышает финансовые возможности малого бизнеса, академических институтов и государственных организаций.

Таблица 2

**Бюджетные ассигнования на исследования и разработки в рамках
«Национальной инициативы в области нанотехнологий» по министерствам и агентствам (млн долл. США)**

Ведомство	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Национальный научный фонд	97	150	204	221	256	338	344
Министерство обороны	70	125	224	322	291	257	230
Министерство энергетики	58	88	89	134	202	210	207
Департамент здравоохранения и социального обеспечения, Национальные институты здоровья	32	40	59	78	102	145	147
Национальный институт стандартов и технологий	8	33	77	64	77	75	75
Национальное аэрокосмическое агентство	5	22	35	36	47	45	32
Министерство сельского хозяйства	-	1.5	0	1	10	3	11
Управление по охране окружающей среды	-	5	6	5	5	5	5
Министерство юстиции	-	1.4	1	1	2	2	2
Министерство национальной безопасности, Администрация безопасности на транспорте	-	-	2	2	2	1	1
Всего	270	465	697	864	994	1081	1054

Помимо финансирования ИиР, NNI выделяет средства для создания в университетах и государственных научных организациях специализированных исследовательских центров, оборудованных специализированным оборудованием. Кроме того, в рамках NNI поддерживается образовательная деятельность, с целью повышения квалификации исследователей и подготовки квалифицированных кадров в области нанотехнологий, а также разработки междисциплинарных курсов.

В странах ЕС нанотехнологии финансируются как из средств Европейской комиссии, так и на уровне отдельных государств, причем специальные программы, инициативы, сети создаются также на различных уровнях. В 5-ой Рамочной программе Европейский Союз ежегодно выделял около 50 млн долл. США на финансирование ИиР в области нанотехнологий. В 6-ой Рамочной программе ассигнования на нанонауку утроились и были выделены «отдельной статьей», а в 7-ой Рамочной программе планируется увеличить объемы финансирования нанонауки из средств Европейской комиссии в два раза.

Оценивая важность нанотехнологий для обеспечения конкурентоспособности и безопасности в Европе, Европейская комиссия инициировала разработку «Европейской стратегии развития нанотехнологий», 12 мая 2004 г. Комиссией был одобрен документ «Towards a European Strategy for Nanotechnology» [5], в котором были поставлены на повестку дня следующие ключевые проблемы:

- увеличение инвестиций в ИиР и улучшение координации ИиР, проводимых странами-членами ЕС, с целью обеспечения превосходства, конкурентоспособности нанонауки и нанотехнологий;
- создание научной инфраструктуры мирового уровня (полусов превосходства), которая учитывала бы потребности и научных организаций, и промышленности;
- поддержка междисциплинарности в образовательном процессе и в подготовке научного персонала;
- создание преференций для промышленных инноваций;
- создание условий для обеспечения безопасности потребителей нанопроductии и наноуслуг и экологической безопасности.

Совет по конкурентоспособности ЕС, принимая за основу задачи и стратегические направления, постулированные в «Европейской стратегии развития нанотехнологий», приступил к разработке Плана действий («Action Plan»), который был одобрен в 2005 г. и издан под названием «Nanoscience and Nanotechnology: An Action Plan for Europe 2005-2009» [6]. В Плане действий разграничены меры, принимаемые и реализуемые Европейской комиссией, а также меры, адресованные к странам – членам ЕС. Конкретные меры (действия – action) разработаны для:

- формирования научного потенциала и производства знаний;
- формирования инфраструктуры и центров (полусов) превосходств;
- формирования человеческого капитала;
- поддержки промышленных инноваций;
- обеспечения безопасности нанотехнологий в части возможного отрицательного влияния на здоровье человека и окружающую среду;
- активизации международного сотрудничества.

В части поддержки ИиР в Плане действий предусмотрено удвоение расходов на нанонауку в 7-ой Рамочной программе, разработка специальных мер для развития нанoeлектроники и формирования Европейской технологической платформы в нанoeлектронике и ряд мер для усиления Европейской технологической платформы в наномедицине, а также поддержка кооперированных ИиР для выявления возможного отрицательного влияния нанотехнологий на окружающую среду и здоровье человека.

По направлению «Развитие инфраструктуры для нанонауки и нанотехнологий» предусмотрено картирование существующей инфраструктуры, а также предполагается особое внимание уделить развитию промышленной инфраструктуры и инфраструктуры для развития малых и средних предприятий. Акценты будут сделаны на формировании сетей и полусов превосходства.

Для формирования человеческого капитала предполагается обеспечить распространение лучшей практики в области образования и подготовки кадров для нанонауки и нанотехнологий, поддерживать программы по подго-

товке кандидатов и докторов наук, а также создать специальную междисциплинарную европейскую награду в области нанонауки и нанотехнологий.

Для поддержки промышленных инноваций предполагается уделить специальное внимание исследованию рыночных, социальных, политических, психологических барьеров, препятствующих освоению инноваций и развитию рынка нанопродукции и наноуслуг, укреплению партнерства государства и частного сектора. Особое внимание будет уделено малым предприятиям на стартовой стадии. Предполагается создание Интернет-библиотеки, где будет аккумулирована следующая информация: публикации, патенты, исследовательские проекты, организации, информация о рынках. Наконец, для поддержки промышленных инноваций предусматривается создание системы мониторинга патентов в области нанотехнологий и гармонизация европейской практики патентования с практикой патентования нанотехнологий в США.

Краткий анализ этих двух документов, разработанных и одобренных Европейской комиссией за последние два года, говорит о том, что ЕС готовится к прорыву в области нанонауки и к усилению конкурентных преимуществ на рынке нанотоваров и наноуслуг.

На Азиатском континенте наиболее продвинутыми странами в области нанотехнологий являются Япония, Южная Корея, Тайвань, Китай и Сингапур.

Япония является мировым лидером во многих областях нанотехнологий. Нанотехнологии находятся в фокусе внимания и структур власти, и бизнес-сообщества. В 2003 г. из бюджетных источников было выделено 800 млн долл. США на развитие нанотехнологий, а в 2005 г. бюджет нанотехнологий был увеличен на 20%. В Японии 2005 год явился годом завершения реализации 2-го Базового плана развития науки и технологий и разработки третьего пятилетнего плана. В третьем пятилетнем плане на период 2006-2010 гг. нанотехнологии рассматриваются как один из ключевых приоритетов. Отличительной особенностью третьего пятилетнего плана является смещение акцентов в сторону поддержки междисциплинарных исследований в этой области. Во втором пятилетнем плане междисциплинарность нанонауки была недооценена. Было также принято решение, что и фундаментальные, и прикладные исследования имеют равную значимость и должны быть поддержаны в рамках пятилетнего плана.

В 2005 г. Министерство экономики, торговли и промышленности Японии инициировало разработку «Стратегии развития нанотехнологий» и ряд исследований, ориентированных на выявление слабых и сильных позиций японской промышленности, барьеров, возникающих при коммерциализации нанотехнологий.

В Японии не только правительственные структуры, но и бизнес-сообщество инициирует и финансирует исследования в области перспектив развития нанотехнологий. Японская инициатива бизнеса в области нанотехнологий (NBCI) разработала в 2003 г. дорожную карту нанотехнологий для бизнеса, которая включала восемь стратегических областей: электроника, катализаторы/материалы, метрология/инструмент, биомедицина, промышленность, авиакосмическая область, энергетика (fuel cells), окружающая среда.

Разработка дорожной карты координировалось NBSI, проводилась бизнесом во взаимодействии с правительственными и академическими кругами. В дорожной карте были очерчены технологические тенденции, продукция, технологии и необходимые механизмы регулирования.

В Южной Корее в 2001 г. была разработана десятилетняя Национальная программа развития нанотехнологий («Korea's National Nanotechnology Programme») с бюджетом около 2 млрд долл. США. Программа реализуется под эгидой Министерства науки и технологий Кореи. В ней поставлена следующая задача: войти в десятку мировых лидеров по ряду нанотехнологий, по некоторым технологиям войти в пятерку лидеров.

Таблица 3.

Источники поступления бюджетных ассигнований на реализацию Корейской Национальной программы развития нанотехнологий (млн долл. США)

год	Программа	Министерства									Итого
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2002	ИиР	67	-	34	7	2	16	0.1	0.1	11	137
	Инфраструктура	23	-	5	4	-	-	-	-	7	39
	Подготовка кадров	1	6	-	-	-	-	-	-	-	7
	Итого	91	6	39	11	2	16	0.1	0.1	18	183
2003	ИиР	61	-	39	11	1	16	0.1	0.2	16	144
	Инфраструктура	37	-	14	5	-	-	-	-	8	64
	Подготовка кадров	3	7	-	1	-	-	-	-	-	11
	Итого	101	7	53	17	1	16	0.1	0.2	24	219
1. Министерство науки и технологий						5. Министерство здравоохранения и социальной защиты					
2. Министерство образования						6. Министерство по охране окружающей среды					
3. Министерство торговли, промышленности и энергетики						7. Министерство обороны					
4. Министерство информатики и средств связи						8. Министерство сельского хозяйства					
						9. Офис Правительства по координации политики					

Программа будет финансироваться правительством Кореи и частным сектором, причем из средств бюджета на ее реализацию предполагается выделить 855 млн долл. США, а частный сектор должен инвестировать не менее 436 млн долл. США [7]. Средства программы будут выделяться на ИиР, на развитие инфраструктуры и на формирование человеческого капитала. Основные расходы на финансирование ИиР принимает на себя Министерство науки и технологий, Министерство торговли, промышленности и энергетики. Большая часть средств на развитие инфраструктуры также поступает из этих двух министерств (см. таблицу 3).

История правительственных инициатив Тайваня по поддержке нанотехнологий началась в 1996 г. Национальный Совет по науке, Министерство экономики и Министерство образования разрабатывали и реализовывали ведомствен-

ные программы поддержки нанотехнологий, которые никоим образом между собой не координировались. Этот путь оказался не достаточно эффективным. Для того чтобы аккумулировать ресурсы, объединить усилия правительственных структур, корпоративного сектора и академического сообщества и таким образом обеспечить прорыв на мировой рынок, Национальный совет по науке Тайваня инициировал разработку Национальной программы в области нанотехнологий. Программа на период 2003-2008 гг. была одобрена в июне 2003 г. с общим бюджетом около 633,8 млн долл. США, причем около 60% бюджетных ресурсов будет использовано на развитие промышленного потенциала, а оставшаяся часть – на науку и формирование человеческого капитала [8].

Программа включает четыре основных блока: Программа академического превосходства, в которой ставится задача поддержки фундаментальных исследований в семи областях, Программа индустриализации, развитие инфраструктуры и формирование человеческого капитала. Программа является межведомственной и финансируется различными структурами власти (см. таблицу 4).

Таблица 4.

Распределение бюджетных ресурсов на национальную программу развития нанотехнологий Тайваня по министерствам и ведомствам (млн долл. США)

Организации	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Всего
Департамент промышленных технологий	54,57	66,91	74,26	77,50	83,24	89,06	445,54
Бюро по развитию промышленности	0,58	0,74	2,06	2,94	3,53	4,24	14,08
Юмиссия по энергетике	0,88	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	6,76
Бюро по стандартам и метрологии	0,91	1,21	1,33	1,46	1,61	1,77	8,29
Национальный Совет по Науке	18,04	20,00	20,88	22,35	22,35	24,06	127,69
Министерство образования	0,64	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	8,00
Совет по атомной энергетике	0,58	1,18	1,76	1,76	1,76	1,94	8,99
Департамент по охране окружающей среды	0,19	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	1,36
Департамент здравоохранения	-	1,32	1,59	1,91	2,29	2,74	9,85
Офис Программы	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	3,18
Всего	76,91	94,77	105,30	111,34	118,19	127,22	633,75

По оценкам Института исследования промышленных технологий Тайваня, к 2010 г. рынок нанопродуктов и наноуслуг, произведенных в Тайване, составит 29 млрд долл. США, или около 3% мирового рынка.

В Китае национальные инициативы в области развития нанонауки и нанотехнологий уходят своими корнями в 80-е годы. Еще в середине 80-х годов Академия наук Китая и Национальный научный фонд в области естественных наук инициировали программу по поддержке ИиР в области нанонауки, а в 1990 г. Министерство науки и технологий Китая уже одобрило десятилетнюю программу по поддержке ИиР в области наноматериалов, т. е. инициатива вышла уже на правительственный уровень.

Основными структурами, финансирующими развитие нанонауки, являются Академия наук Китая, Национальный научный фонд в области естественных наук, Министерство науки и технологий и Министерство образования.

В 2000 г. в Китае был создан Национальный комитет по нанотехнологиям, в функции которого входит планирование, координация и консультирование нанопроектов национального уровня. В состав Комитета входит 21 ученый из научных организаций и университетов и семь чиновников из следующих структур: Министерство науки и технологий, Министерство образования, Китайская академия наук, Национальный научный фонд в области естественных наук, Государственный комитет по развитию и реформам.

В Китае Национальная программа развития нанотехнологий была разработана в 2001 г. Ее бюджет на пять лет составил 240 млн долл. США.

Результатом государственных усилий в области развития нанотехнологий является быстрый рост патентов (по этому показателю Китай занимает третью позицию в мире) и рост количества компаний, выполняющих ИиР и производящих нанопродукцию и наноуслуги. Всего за один год количество частных компаний, производящих нанопродукцию и наноуслуги, увеличилось в 2,4 раза, почти в 2,5 раза увеличилось количество компаний, у которых слово нанотехнологии используется в названии компании, почти в два раза увеличилось количество научных организаций, выполняющих ИиР в области нанотехнологий (см. таблицу 5) [9].

Таблица 5.

Научные организации и компании, занимающиеся нанотехнологиями в Китае (единиц)

Тип компании	Количество компаний	
	Июль, 2001	Июль, 2002
Компании промышленного сектора	323	780
Компании, в названии которых используется слово «нано»	57	138
Научные организации, выполняющие ИиР	98	173
Государственные компании	50	58

В 2003 г. китайское Министерство по науке и технологиям поставило следующие стратегические цели, которые должны быть достигнуты до 2010 г.:

- фокусирование ИиР в таких областях, как нанoeлектроника, нанобиология, наномедицина, наноматериалы. Расширение и укрепление сетей научных организаций. Создание национальной инновационной системы в области нанотехнологий;
- преодоление критических технологических барьеров в следующих областях, важных для коммерческого использования результатов нанонауки: создание наноматериалов, микрокомпьютеры и информационные системы, окружающая среда и источники энергии, биология и сельское хозяйство, космические проекты и авиация, национальная оборона, медицина;
- объединение экспертов из различных областей с тем, чтобы превратить нанотехнологии в основу китайской промышленности.

Китайское правительство так же, как правительство США, считает, что обороноспособность страны в значительной степени будет предопределяться развитием нанотехнологий, поэтому значительная часть государственных ИиР ориентирована на использование их в военном комплексе, однако правительство Китая (как и правительство США) разработало стратегию создания технологий двойного назначения. В общем и целом китайское правительство ориентирует науку и промышленность на завоевание лидирующих позиций в мире в области нанотехнологий.

Страны Латинской Америки существенно отстают не только от США, ЕС, Японии и Китая, но и от таких стран Азиатско-Тихоокеанского бассейна, как Корея и Тайвань. Оценивая важность нанотехнологий как основы технологического развития в 21-ом веке, они начали предпринимать конкретные шаги для аккумуляции ресурсов государственного сектора и корпораций для формирования и развития научного потенциала, кооперируясь при этом с более продвинутыми странами, прежде всего с США.

Правительство *Бразилии* включило нанотехнологии в область национальных приоритетов в 2001 г. Правительственные инициативы были ориентированы в значительной степени на создание исследовательских сетей и развитие информационного ресурса. В результате этих усилий начали действовать четыре исследовательские сети, получив финансовую поддержку от Министерства науки и технологий. Было создано два виртуальных института в области нанотехнологий. В 2004 г. общие бюджетные ассигнования на нанонауку составили 7 млн долл. США. Осознавая важность нанотехнологий для развития страны, правительство Бразилии в 2004 г. разработало Национальную программу развития нанотехнологий. В рамках Программы правительство планирует инвестировать в нанотехнологии 30 млн долл. США в 2005-2006 гг., т. е. бюджетные ассигнования на нанонауку в годовом исчислении увеличились более чем в два раза по сравнению с 2004 г. В реализацию Программы включено пять национальных исследовательских институтов и около 70 государственных и частных университетов. Бюджетные ассигнования на нанонауку выделяются в основном на финансирование фундаментальных исследований и сетей [10].

В *Аргентине* была разработана Стратегия развития нанотехнологий на период до 2015 г. и в июне 2005 г. представлена Комиссии по технологиям Аргентинского конгресса. Аргентинское правительство планирует инвестировать 10 млн долл. США в развитие нанотехнологий. Бюджетные ассигнования на нанонауку будут распределяться через Аргентинский фонд нанотехнологий, который был учрежден 29 апреля 2005 г. Указом президента Аргентины [11].

В *Мексике* 13 научных центров и лабораторий проводят исследования и разработки в области нанотехнологий. В 2003 г. Национальный совет по науке и технологиям выделил 12,5 млн долл. США на 62 проекта. Кроме того, мексиканское правительство в партнерстве с частным сектором приняло решение о выделении 18 млн долл. США на создание Национальной нанолaborатории в Национальном институте астрофизики, оптики и электроники. Создание лаборатории будет финансироваться национальным Советом по

науке и технологиям, другими федеральными структурами власти и компанией Motorola.

В странах Африки и Ближнего Востока наиболее продвинутой страной в области нанотехнологий является Израиль. В Израиле Национальная инициатива развития нанотехнологий была разработана Министерством торговли и промышленности и Академией наук в 2001 г. Для разработки долгосрочной стратегии развития нанотехнологий и соответствующего Плана действий Израильская академия наук создала Комитет, под эгидой которого были исследованы возможности науки и возможности освоения НИОКР реальным сектором экономики.

В Национальной инициативе развития нанотехнологий поставлены две ключевые цели:

- создание национальной промышленности, которая базировалась бы на нанотехнологиях – это рассматривается как основа экономического роста;
- формирование долгосрочной программы развития нанонауки и создание научной инфраструктуры, соответствующей мировому уровню;
- за период 2001–2005 гг. в рамках реализации программы инвестировано 45 млн долл. США в нанонауку, главным образом в создание центров и оснащение их первоклассным оборудованием. При университетах было создано шесть центров для проведения ИиР [12].

В Южной Африке Программа развития нанотехнологий стартовала в 2003 г. В Программе была поставлена задача, объединив усилия различных организаций, сформировать критическую массу университетов, научных организаций и промышленных компаний, которые должны сфокусироваться на тех нанотехнологиях, где Южная Африка имеет потенциал и соответственно преимущества.

Первоначальный бюджет Программы составил 1, 3 млн долл. США. Общие расходы на нанонауку в Южной Африке оцениваются в 3 млн долл. США. В настоящее время в выполнение Программы вовлечены 11 университетов, 5 научно-исследовательских организаций и 10 частных компаний.

Таким образом, в начале 2000-х годов важность развития нанонауки была оценена всеми технологически развитыми и многими развивающимися странами. Еще в 1990-е годы ИиР проводились децентрализованно. Как правило, координация ИиР проводилась лишь некоторыми странами (Великобритания, Германия, Китай, США, Франция, Япония) и лишь в отдельных областях нанонауки. Кардинальным изменением последних пяти лет является резкий рост расходов на ИиР во всех развитых и развивающихся странах и централизация управления ИиР, координация как ИиР, так и механизмов государственной поддержки нанонауки всеми структурами власти.

Для аккумуляции ресурсов и интеллектуального потенциала на приоритетах и реализации скоординированных мер поддержки около 35 стран разработали Национальные программы развития нанотехнологий. Это стратегические документы, в которых правительства ставят задачу выхода на лидирующие позиции в мире в отдельных областях нанонауки и завоева-

ние конкурентных преимуществ в отдельных нишах мирового рынка. Такого рода цели ставят не только страны, которые имеют достаточно сильный научный потенциал в этой области (США, Япония, Германия, Великобритания, Китай, Франция), но и страны, в которых научный потенциал достаточно скромный, где фактически национальные программы нацелены на его формирование (Аргентина, Бразилия, Индия, Мексика, Сингапур, Тайвань, ЮАР). Это обусловлено пониманием того, что нанотехнологии являются базисными технологиями 21 века.

Отличительной особенностью всех национальных программ развития нанотехнологий является то, что развитие инфраструктуры выделяется в них отдельным блоком. Все страны создают специальные центры нанотехнологий и выделяют на это значительную сумму бюджетных ассигнований, причем многие страны учреждают их как центры коллективного пользования, в которых научное оборудование будет предоставляться для проведения ИиР различным научным организациям. Это обусловлено высокими ценами на первоклассное научное оборудование и необходимостью оснащения научных организаций научным оборудованием именно такого уровня.

Второй особенностью всех национальных программ является выделение проблемы формирования человеческого капитала в качестве отдельного блока. Это относится и к программам технологически развитых стран, и к программам развивающихся стран.

Следует отметить, что меры, которые закладывают и технологически развитые страны, и развивающиеся страны, практически идентичны:

- формирование кадрового потенциала для проведения междисциплинарных исследований;
- повышение статуса нанонауки (Китай для этих целей планирует выделение нанотехнологий в качестве отдельной дисциплины для присуждения научных степеней, ЕС – учреждение специальной награды);
- создание специальных междисциплинарных курсов, проведение конференций, летних школ и т.д.;
- привлечение талантов из других стран.

Особое внимание к формированию человеческого капитала обусловлено двумя факторами: нанотехнологии – это область междисциплинарная и область быстроразвивающаяся.

Третьей особенностью всех национальных программ является то, что они разработаны в партнерстве с частным сектором, хотя в разных странах вклад частного сектора различен. В США и в Японии сама инициатива в значительной степени исходит от частного сектора. Напротив, в Китае главным «идеологом» являются правительственные структуры. Партнерство с частным сектором обусловлено, прежде всего, необходимостью быстрой коммерциализации ИиР и необходимостью ориентации ИиР на потребности реального сектора экономики. Многие страны включили также в процесс разработки национальных программ неправительственные организации, т. е. потребителей инноваций (Япония, США, страны ЕС).

В большинстве своем страны использовали технологию форсайта как для обеспечения диалога между субъектами политики, так и для формирования приоритетов, то есть комбинировали две технологии форсайта: форсайт-процесс и форсайт-результат.

Еще одной особенностью национальных программ является включение в качестве отдельной задачи исследования последствий использования нанопродукции и наноуслуг, возможного отрицательного эффекта на здоровье человека и экологию, а также проблему формирования положительного отношения потребителей к нанотехнологиям.

Наконец, практически во всех Национальных программах сформированы направления международного сотрудничества. Ряд программ ограничивается формированием областей для совместных проектов в области нанонауки. Наиболее продвинутые программы включают проблему исследования возможного отрицательного влияния нанотехнологий на окружающую среду и здоровье человека силами международного научного сообщества, а также проведение сканирования и мониторинга широкого круга проблем.

Литература

1. Nanotechnology – a Key Technology for Europe. EC. July, 2005.
2. The US Nanotechnology Environment – Where is the business? Swiss Business Hub USA, Chicago, 2003.
3. Mantovani Elvio. Report to the International Conference Nanoroadmap. Rome, November, 2004.
4. Wall Street Journal, 2004.
5. Towards a European Strategy for Nanotechnology. Commission of the European Communities. Brussels, 2004.
6. Nanoscience and Nanotechnology: An Action Plan for Europe 2005-2009. Commission of the European Communities. Brussels, 2005.
7. Lee Jo-Won. Overview of Nanotechnology in Korea. TDN, May, 2005.
8. Mou Chung-Yuan. Nanotechnology Program In Taiwan, Facs, 2003.
9. Xing Zhu. Nanotech in China and National Nanocenter. National Center for Nanoscience and Technology, China, 2005.
10. National Program for the Development of Nanoscience and Nanotechnology, Ministry of Science and Technology, Brazil, 2004.
11. Tezon Jorge. National Program in Argentina, CONICET, 2005.
12. Israel National Nanotechnology Initiative, 2001.